Análisis de Confiabilidad Humana del Personal de una Planta de Generación Eléctrica

Ing. MSc. Oliverio García Palencia CMRP.

oligar52@yahoo.com

Resumen

La Confiabilidad Humana como la capacidad de desempeño efectivo de las personas en un entorno laboral específico, se puede analizar por múltiples metodologías, que permiten definir las brechas y las debilidades que obstaculizan la mejora de la productividad industrial. El HRA (Análisis de Confiabilidad Humana, del inglés Human Reliability Analysis) es una técnica usada para estudiar, definir, cuantificar, documentar y sistematizar los posibles errores humanos, en un sistema productivo, con los efectos de las fallas en la confiabilidad de los activos. Para el HRA se usó una mezcla ecléctica de las principales metodologías, adaptadas al estado de la planta, que combinó el Análisis Cognitivo CREAM (Cognitive Reliability & Error Analysis Method), el método THERP (Technique for Human Error Rate Prediction), el sistema SRK (Skills-Rules Knowledge) y las preguntas planteadas por la THEA (Technique for Human Error Assessment); se aplicaron las encuestas y las entrevistas al Talento Humano de operación y mantenimiento, que unidas a la observación directa de sus actividades, generaron el diagnóstico del contexto organizacional. El presente paper presenta el diagnóstico del HRA, con los programas de formación y desarrollo, necesarios para optimizar las estrategias operativas, que permiten minimizar los costos totales de producción y alcanzar la sostenibilidad de la empresa.

Palabras Claves: Gestión de Activos - Confiabilidad Humana - HRA - CREAM - THERP - SRK - Generación Eléctrica.

Abstract

The Human Reliability as the ability to effective performance of people in a specific work environment can be analyzed by multiples methodologies, enabling the identification of gaps and weaknesses that hinder the improvement of industrial productivity. The HRA (Human Reliability Analysis) is a technique used to study, define, quantify, register and systematize human errors, in a production system, with the effects of failures on the reliability of assets. For the HRA was used an eclectic mix of the main methodologies, adapted to the state of the plant, which combined the cognitive analysis CREAM (Cognitive Reliability and Error Analysis Method), the THERP method (Technique for Human Error Rate Prediction), the S-K-R system (Skills - Rules - Knowledges) and the questions suggested by the THEA (Technique for Human Error Assessment); surveys and interviews were designed and applied to Human Resource the operation and maintenance, which, together with direct observation of their activities, generated the diagnosis of the organizational context. This paper presents the result of the Human Reliability Analysis, with the plans for training and development, necessary to optimize the programs that minimize the total production costs and achieve sustainability of the company.

Keywords: Asset Management - Human Reliability - HRA - CREAM - THERP - SKR - Electricity Generation.

Introducción

En la búsqueda de nuevos resultados las empresas se han propuesto contar con las políticas, procesos y estrategias, que le permitan al Talento Humano participar en el logro de los Objetivos Estratégicos Corporativos, mediante el desarrollo de programas de Formación por Competencias, planes de trabajo en equipo, Gerencia del Desempeño, Gestión del Conocimiento, Kaizen y administración del cambio, que son estrategias de la Confiabilidad Humana [1].

El primer paso, primordial para medir las iniciativas de confiabilidad, es la evaluación de la madurez de la planta en cuanto a ingeniería de mantenimiento y metodologías de confiabilidad, iniciativa que mide el nivel de desarrollo real, y busca la forma como la empresa puede encontrar su desarrollo sostenible, a través de la aplicación de las prácticas de Clase Mundial. Una gestión óptima del mantenimiento debe integrar las estrategias de confiabilidad con una serie de procedimientos, que correctamente engranados proporcionen la metodología ideal para alcanzar los objetivos estratégicos y el cumplimiento de la misión corporativa.

La auténtica fuente de competitividad es el Talento Humano empoderado y comprometido, que utiliza gran parte de su tiempo en analizar las necesidades colectivas, en favor de la empresa, las personas y la sociedad. Las acciones de mejoramiento continuo de la Confiabilidad Humana buscan recuperar el valor de las personas (Capital Humano), aumentar sus competencias generales, mejorar sus actitudes, sus conocimientos, su experiencia, sus capacidades físicas y fisiológicas, y su estatus laboral; optimizar las comunicaciones y relaciones personales a todo nivel, elevar su sentido de pertenencia y guiar su conducta, principios y valores hacia el desarrollo de una nueva cultura corporativa; para comprometer su capacidad total en favor de la productividad y sostenibilidad organizacional [2].

Análisis de Confiabilidad Humana (HRA)

El HRA se establece como una metodología formal para identificar, analizar, evaluar, sistematizar y documentar, los posibles errores humanos, y los efectos de las fallas ocasionadas, en la confiabilidad global de los activos. Los estudios de análisis del comportamiento y las necesidades de las personas están entre las más polémicas de las ciencias, por esto no es extraño que hoy prevalezcan múltiples enfoques pugnando por la gestión y caracterización de los problemas que originan errores humanos [3].

Uno de los objetivos fundamentales del HRA es proporcionar el medio para evaluar los riesgos atribuibles a los errores humanos y para definir los modos de reducir la vulnerabilidad del sistema al impacto del error; esto puede lograrse por medio de los siguientes tres procesos [4]:

- *Identificación del Error Humano*. Mediante el análisis de los errores que pueden ocurrir.
- *Cuantificación del Error Humano*. Decidiendo cómo y en qué cuantía se van a presentar los errores.
- *Reducción del Error Humano*. Por medio del mejoramiento de la Confiabilidad Humana del trabajador, mediante acciones de reducción de la probabilidad de ocurrencia del error.

Otros objetivos adicionales que se buscan con la implementación de un sistema de HRA son [5]:

- Asegurar que las actuaciones del empleado sean identificadas, estudiadas e incorporadas en los análisis de seguridad de la planta de la manera adecuada.

- Cuantificar las probabilidades de éxito o de fracaso de tales acciones.
- Proporcionar los objetivos estratégicos que permitan mejorar el desempeño humano.

Adoptando un método de análisis y de evaluación, sistémico y sistemático, de la efectividad personal, es posible generar alta confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad a muy diversos sistemas productivos, por cuanto estos índices dependen del desempeño humano. Hasta hoy se han estudiado múltiples métodos descriptivos para analizar los errores humanos, pero estos métodos pueden ser mejorados con técnicas de análisis numérico para cuantificación de los errores humanos. El objetivo final es mejorar la Confiabilidad Humana a través de la reducción de los errores del personal que se pueden detectar durante los procesos [2].

Las actividades desarrolladas durante el HRA de los trabajadores de la planta fueron:

Recolección y Análisis de la Información. Revisión documental y trabajo de campo con una serie de encuestas, entrevistas y procesos de observación directa al personal de mantenimiento, operación y dirección de la planta. Se aplicaron tres encuestas al personal con el fin de determinar el estado real del mantenimiento y los diversos factores humanos asociados con fallas de los equipos; el clima laboral y los factores motivacionales; la capacitación, el entrenamiento personal, el conocimiento que ellos poseen sobre sus funciones, actividades y procesos desarrollados, así como sus recomendaciones para la mejora continua. Las preguntas se clasificaron según el conocimiento que se quería estudiar, en los cinco grupos presentados en la tabla 1.

Tabla 1.

ÁREAS DE LA INVESTIGACIÓN	
1	Análisis de los aspectos relacionados al error humano.
2	Análisis de los factores humanos asociados a las fallas de los equipos.
3	Determinación de las causas de las fallas y el grado de aplicación de las técnicas de confiabilidad.
4	Evaluación de las actividades frecuentes y nivel de planeación de las mejores prácticas de mantenimiento.
5	Valoración de las soluciones para mitigar los errores y de aceptación de las metodologías de Confiabilidad.

Análisis de las Encuestas sobre el Mantenimiento de la Planta. El análisis de las respuestas permitió definir los problemas comunes en el desarrollo de las labores de Mantenimiento Reactivo y Proactivo de la Planta de Generación, evaluar las actividades que se realizan más frecuentemente e identificar las prácticas que permiten mejorar la confiabilidad y mitigar los errores del Talento Humano.

Para identificar el efecto de las actividades de los trabajadores en el mantenimiento de la planta se analizaron los aspectos asociados al error humano, al conocimiento de los procesos, las competencias y objetivos individuales; orientados a revisar los factores humanos asociados con cada tipo de error, con el objetivo de identificar las causas de las fallas, establecer el nivel de conocimientos, habilidades y destrezas personales necesarias, y determinar las posibles soluciones que permiten reducir las fallas imprevistas y los errores humanos que las puedan ocasionar.

Diagnóstico de la Condición del Mantenimiento y Confiabilidad de la Planta. Con base en los análisis de la información recolectada, se diagnosticó el estado real del mantenimiento y confiabilidad de la Planta de Generación Eléctrica en lo referente a: documentación y procedimientos, causas comunes de fallas, factores humanos asociados a las fallas, con las soluciones posibles para mitigar los errores; y esencialmente los aspectos relativos al personal, como Formación por Competencias, motivación, incentivación, trabajo en equipo, entorno laboral, Gestión del Desempeño, Gestión del Conocimiento, administración del cambio, clima organizacional y su nivel de implementación de acuerdo con el Plan Estratégico Corporativo.

El análisis de la condición actual de la PGE, se hizo cualitativa y cuantitativamente, teniendo en cuenta cada una de las preguntas de las tres encuestas aplicadas:

- Estado del mantenimiento de la PGE.
- Motivación Laboral del personal.
- Tareas procedimientos principales de la Planta de Generación.

El diagnóstico generó unos listados de las fortalezas y las debilidades encontradas, así como también de las oportunidades que se detectaron para aplicar el plan de mejoramiento continuo, que se presenta sintéticamente en las tablas 2, 3 y 4.

Tabla 2.

No.	FORTALEZAS
1	La empresa mantiene buena documentación técnica para las labores de operación y mantenimiento.
2	La cantidad de labores diarias y el tiempo destinado no afectan la calidad de los trabajos y la revisión procedimientos facilita la detección de los posibles errores humanos.
3	Integrar la supervisión de operaciones y mantenimiento es clave para trabajar como equipo, experto en procesos y técnicas, y comprometidos con el proceso de mejora continua.
4	La seguridad en la planta es política adoptada y apoyada por todos, por eso utilizan correctamente elementos para proteger su integridad física y las herramientas adecuadas.
5	Los trabajadores se involucran en actividades que enriquecen el Clima Laboral de la Planta de Generación y su desarrollo personal.
6	La planeación previa del PM, a corto plazo, es excelente por eso las fallas de la planta, en un alto porcentaje, no son ocasionadas por acciones erradas de parte del personal asignado.
7	Todos los trabajadores tienen las competencias para el óptimo desempeño de sus funciones, la superación personal es el principal factor motivacional.
8	El trabajador busca fortalecer su autoestima y sentido de pertenencia; por ello la principal propuesta es más capacitación específica, y un programa motivacional.
9	La comunicación y relación con los jefes y compañeros de trabajo es buena. El Clima Organizacional favorece el desempeño personal.
10	El promedio de mantenimientos diario en la planta es de 2,2 por trabajador, valor muy aceptable para realizar trabajos de mantenimiento de alta calidad.
11	La adecuada revisión de los procedimientos por parte de los operadores - mantenedores les facilita la detección de los posibles errores humanos.
12	El tiempo destinado para realizar las actividades de mantenimiento se ajusta realmente al requerido para realizar un trabajo de calidad.
13	La Dirección de Mantenimiento está involucrada y comprometida con el proceso de mejora continua.

Tabla 3.

No.	DEBILIDADES
1	No se emplean frecuentemente las metodologías de Confiabilidad Operacional (RCA, RBI, FMECA) y no se usan los análisis RAM para gestionar el error humano.
2	La operación de la Sala de Control, es la función más crítica de la Planta de Generación. Por su larga jornada de trabajo es potencial generador de errores humanos.
3	No se evidencian programas de mantenimiento de largo plazo (mayores a un año), con lo que se aumentaría la confiabilidad y mantenibilidad de equipos.
4	Los Análisis Causa Raíz (RCA) de las Fallas de los trabajos de emergencia, que generan altos costos y pérdidas de producción, se realizan ocasionalmente, o no involucran los responsables.
5	La falta de competencias técnicas específicas del personal es el factor determinante de las fallas, a pesar de su trayectoria o experiencia anterior en la Industria Petrolera.
6	No existe, o no se conoce, un plan de entrenamiento continuo, sistemático y estructurado para el personal, ni se evalúan los resultados de los programas de capacitación realizados.
7	Las Lecciones Aprendidas no son implantadas ni socializadas y no forman parte de la Cultura Organizacional. La socialización de actividades y la comunicación entre turnos es limitada.
8	No se escuchan, ni se presta la debida atención, y no existe seguimiento a recomendaciones y sugerencias de mejoramiento, según la opinión general de los empleados.
9	Los programas de incentivos y desarrollo no se divulgan debidamente, ni se aplican efectivamente, en consecuencia no motivan el desempeño personal.
10	Las labores repetitivas de mantenimiento provocan despistes o descuidos al momento de instalar o hacer la reparación de los equipos con partes pequeñas.
11	Realizar los Mantenimientos Preventivos fuera de tiempo, o aplazarlos indefinidamente, reduce la confiabilidad de los equipos críticos.

Tabla 4.

No.	OPORTUNIDADES
1	Mejorar las competencias específicas de los trabajadores estableciendo un programa integral de Formación por Competencias para el personal de la Planta de Generación.
2	Socializar los Análisis de Criticidad de los equipos y crear Equipos Naturales de Trabajo para el análisis de los problemas críticos de la planta.
3	Diseñar un nuevo programa de incentivos, motivación, reconocimiento y desarrollo para el personal, con la revisión y modificación del actual sistema de bandas salariales.
4	Incrementar las actividades culturales, sociales y deportivas para afianzar la motivación y el sentido de pertenencia a la empresa.
5	Realizar talleres sobre Gestión del Desempeño, Equipos de Alto Rendimiento y Análisis de Costos.
6	Gestionar la elaboración de un Manual de Confiabilidad Humana para mejorar la Gestión Integral de Activos de la planta en busca de la Excelencia Operacional.
7	Los trabajadores de la planta consideran que tiene un adecuado desempeño laboral, pero están dispuestos a sacrificar su tiempo libre en nuevos programas de formación.
8	Afianzar políticas de Seguridad Humana, aplicando sistemas visuales, con normas internacionales de colores para evitar confusión, en los equipos y sistemas de control.
9	Revisar las políticas de la empresa sobre manejo de la información y los procedimientos, para generar mejora de las comunicaciones.
10	Diseñar planes para optimizar el Mantenimiento Proactivo de la Planta de Generación y un control preciso de órdenes de trabajo ejecutadas, para su registro en MAXIMO.

Análisis de Confiabilidad Humana utilizando las Metodologías THERP, CREAM y SRK. Con ayuda de las técnicas de HRA planteadas, se analizaron las funciones y las responsabilidades principales de cada cargo del personal de la Planta de Generación; la evaluación de actividades y grado de aceptación de las metodologías de confiabilidad, determinó la influencia de los factores y de los errores humanos, en la confiabilidad global de los activos [5], [6], [7], [8].

Para realizar el Análisis de Confiabilidad Humana, se utilizó una mezcla ecléctica de las metodologías, adaptadas al contexto de la Planta de Generación, que combinó el Análisis Cognitivo CREAM, el THERP y el THEA; se elaboraron los cuestionarios para las encuestas y se aplicaron al personal de operación, mantenimiento y dirección, con lo cual se definió su percepción de la organización y de su desempeño, que unido a una concienzuda observación dentro de la planta, durante los periodos de visitas, dio un diagnóstico preciso de su contexto operacional.

Adicionalmente, a la aplicación de las metodologías dadas, se hizo el análisis de más de 700 actividades obtenidas de los análisis RCM de la planta, hechos en un proyecto anterior. Aplicando el método SRK (Skills-Rules Knowledge) se logró la clasificación en los tres niveles dados, encontrando que al nivel de *habilidades* corresponde solo un 15%, al nivel de *reglas* un 48%, y al nivel de *conocimientos* un 37%, que es valor muy significativo, por cuanto todas las actividades de este nivel son las que tienen mayor probabilidad de generar errores.

Análisis Weibull de Confiabilidad del Operador de Planta. Con en el histórico de las fallas de la Planta de Generación, y los reportes de ingeniería, desde enero del 2008 hasta junio del 2013, se determinó cuales paradas fueron debidas a errores humanos, y se obtuvieron los nueve errores que se muestran en la tabla 5, que corresponden a las funciones del Operador de Planta (sin hacer diferencia entre el operador de piso y el de Sala de Control).

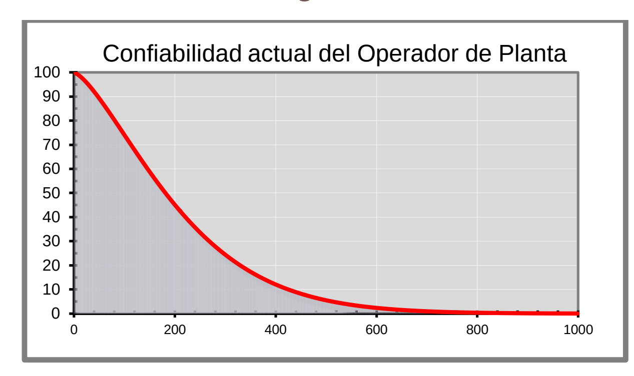
Tabla 5.

FECHA DE PARADA	TBE Real (días)	TBE Proyectado (días)	EQUIPO que Falla
1 Marzo de 2008	90	90	Moto-Generador
24 Junio 2008	114		Caldera 2
12 Enero 2009	202		Caldera 1
4 Junio 2009	142	458	Caldera 1
10 Noviembre 2010	523	523	Generador
29 Enero 2011	79		Caldera 2
11 Septiembre 2012	589	668	Turbina
27 Enero 2013	137		Caldera 1
20 Abril 2013	82	219	Calderas 1 y 2
30 Junio 2013	102	102	No hay falla.

El cálculo del Tiempo Entre Errores (TBE) se obtiene entre el día en que el operador cometió el error y el día en que se comete un nuevo error. Utilizando el Excel, o un software especializado para manejo de la distribución Weibull de tres parámetros, se creó la curva de confiabilidad real del cargo de operador de la planta en la Sala de Control, para el periodo estudiado, que se muestra en la figura 1, donde el eje de las **x** es el tiempo en días y el eje de las **y** la confiabilidad en porcentaje.

Los valores obtenidos para los parámetros fueron: $\beta = 1{,}3818$, $\eta = 500{,}2309$, $T_o = 0.0$ *días y MTBE = 229 días.*

Figura 1.

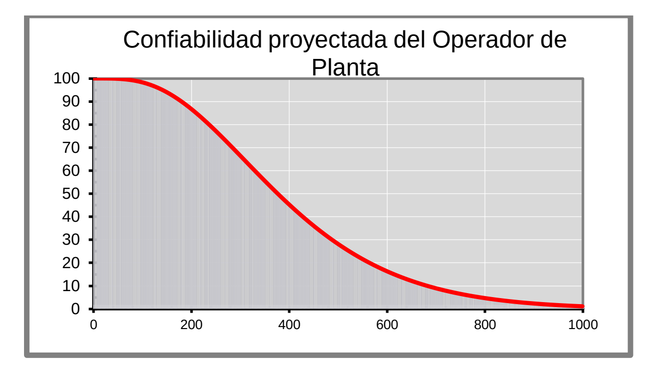


Por análisis detallado de los nueve errores se pudo establecer que cuatro, debidos a despiste (exceso de confianza) y estrés (problemas personales), eran fácilmente prevenibles con planes de capacitación y motivación, lo cual permite simular el resultado de la confiabilidad con solo cinco errores.

Usando el procedimiento anterior se determinaron los parámetros Weibull de confiabilidad para un comportamiento simulado de solo cinco errores en el periodo de estudio. La gráfica de la Distribución de la Confiabilidad en el tiempo, esperada para el cargo de Operador de Planta, se presenta en la figura 2. Los valores de los parámetros para esta simulación fueron: $\beta = 0{,}9871$, $\eta = 386{,}3045$, $T_o = 0.0$ *días y MTBE = 412 días.*

El análisis comparativo de las dos gráficas muestra la influencia de la aplicación de las estrategias de Confiabilidad Humana en el rendimiento personal. Se observa para el periodo de tiempo de 200 días que la confiabilidad prácticamente se duplica, y la probabilidad de equivocarse se reduce a menos de una cuarta parte. Además, el tiempo medio entre errores (MTBE) pasa de 229 a 412 días.

Figura 2.



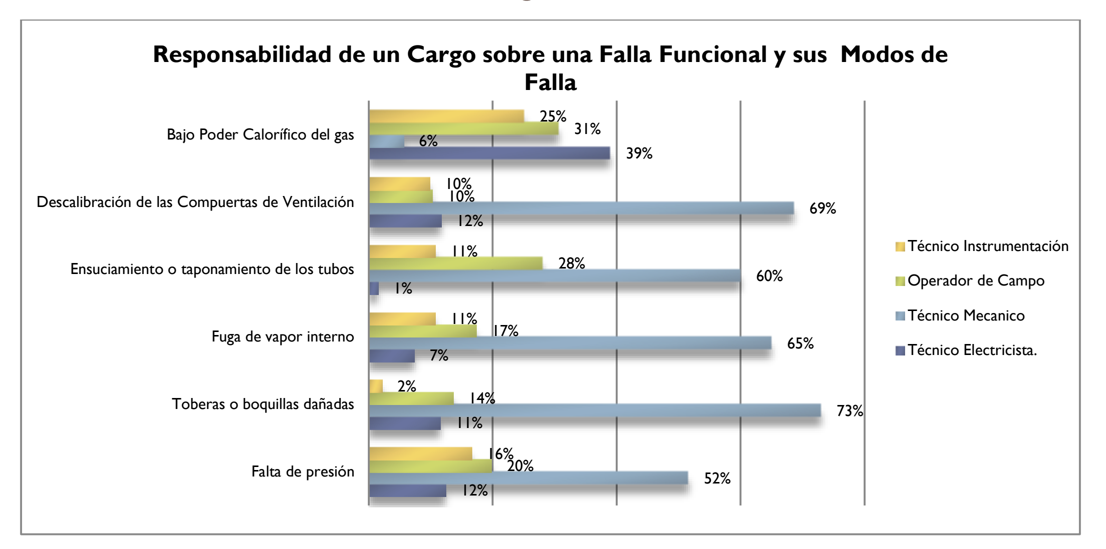
Impacto de las Actividades en los Modos de Falla. Para establecer la responsabilidad de cada cargo sobre un modo de falla, se parte de la premisa de que cada *Falla Funcional* tiene múltiples *Modo de Falla*, y para cada modo de falla existe un conjunto de actividades personales dirigidas a minimizar la presencia de fallas, para lo cual se pondera cada actividad de 0 a 5 según su influencia en cada modo de falla. El resultado de hacer este análisis para la Caldera 1, cuando no opera en las condiciones de diseño, se muestra en la figura 3, y se concluye que la responsabilidad mayor sobre esta falla funcional le corresponde al técnico mecánico.

Los Modos de Falla considerados fueron:

- Bajo Poder Calorífico del Gas
- Calibración de las Compuertas de Ventilación
- Ensuciamiento o taponamiento de los tubos
- Fuga de vapor interno
- Toberas o boquillas dañadas
- Falta de presión.

Realizando el mismo análisis para todas las fallas funcionales críticas de la PGE, determinadas en el estudio de RCM de este proyecto, se encontró que el cargo crítico de la Planta de Generación es el del Operador de Sala de Control, que es al que se le debe dar mayor atención.

Figura 3.



Definición del Plan de Mejora de la Confiabilidad Humana. Como resultado del diagnóstico y de los análisis posteriores, se detectaron las necesidades actuales de la planta y se diseñaron los programas de mejoramiento necesarios para reducir o eliminar las brechas detectadas, y de esta manera mejorar la disponibilidad, la confiabilidad y la productividad de los activos, con lo cual aumenta la rentabilidad, la competitividad y la sostenibilidad de la Planta de Generación Eléctrica. En la tabla 6 sintéticamente se presentan los programas a desarrollar con sus objetivos específicos.

Tabla 6.

No.	Proyecto	Objetivos
1	FORMACIÓN POR COMPETENCIAS	Desarrollar y fortalecer las competencias del personal.
		Elaborar el programa de Formación Integral.
		Incrementar las comunicaciones entre el personal.
		Aumentar el Sentido de Pertenencia e identidad.
		Optimizar los Indicadores de Desempeño.
2	CREACIÓN DE EQUIPOS NATURALES DE TRABAJO	Implementar las técnicas para trabajar en equipo.
		Entender los principios de los Equipos Naturales de Trabajo (NWT).
		Desarrollar Equipos Naturales de Trabajo.
		Crear la cultura del Mejoramiento Continuo.
		Asumir los roles de los Equipos de Alto Desempeño.
3	MOTIVACIÓN Y SENTIDO DE PERTENENCIA	Definir las actividades e impulsores de Motivación.
		Fortalecer el Talento Humano.
		Favorecer el Desarrollo Integral de los trabajadores.
		Motivar las condiciones para mejorar el desempeño personal.
		Reconocer o premiar los resultados de excelente desempeño.
4	GESTIÓN DEL DESEMPEÑO	Proveer el aprendizaje colaborativo a lo largo de la vida.
		Revisar el cumplimiento de los objetivos del cargo.
		Facilitar el mejoramiento continuo del desempeño.
		Encontrar la posición o el cargo acorde a las competencias.
		Brindar oportunidades de crecimiento y desarrollo.

5	GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO	Desarrollar y consolidar el Capital Intelectual.
		Elaborar y difundir la Guía de Conocimientos y Destrezas.
		Mejorar la seguridad de las personas, el ambiente e infraestructura.
		Trasladar el éxito de una actividad a otras actividades.
		Lograr el mejoramiento continuo del mantenimiento.
6	MANUAL DE CONFIABILIDAD HUMANA	Definir el Sistema Integral de Confiabilidad Humana.
		Proporcionar la estructura de procesos, mecanismos y actividades.
		Definir las políticas y procedimientos de la Confiabilidad Humana.
		Elaborar las guías de implementación de estrategias.
		Proponer un Modelo Global de Gestión del Conocimiento.

Conclusiones

- La Gestión de Confiabilidad Humana implica la creación de una nueva cultura organizacional, la formación por competencias, la motivación, liderazgo, desarrollo y gestión del desempeño, así como un proceso eficaz de Gerenciamiento del Conocimiento, que garantice la retención del Capital Humano, como el activo más valioso de la organización.

- Las estrategias para optimizar la Confiabilidad Humana buscan esencialmente recuperar el valor de las personas en la organización. Más importante que el capital y los activos físicos, son el conocimiento y las habilidades de los empleados, y saber cómo usarlos eficazmente para generar Capital Intelectual y lograr el más alto desempeño.

- Además de la disponibilidad de los procesos, los procedimientos y las guías de implementación de las estrategias, se requieren operadores y mantenedores que conozcan en profundidad las nuevas teorías de la Gestión de Activos y de la Confiabilidad Operacional.

- Se debe comprender el desarrollo del Talento Humano como el proceso vital para alcanzar un buen nivel de competitividad internacional, en la búsqueda de la categoría de Clase Mundial.

- Es de primordial importancia persuadir a la Alta Gerencia sobre la necesidad de implementar las estrategias planteadas, como mecanismos para asegurar la sostenibilidad de la planta.

“Gerenciar la Confiabilidad del Talento Humano no es solo la clave para el desarrollo efectivo de la Prodúctica y la Terotecnología, sino el componente vital de los procesos de Gestión de Activos que soportan la Excelencia Operacional en la actual Sociedad del Conocimiento”.

Oliverio García Palencia.

Referencias Bibliográficas

[1]. CÁCERES, Beatriz. (2004). *"Como Incrementar la Competitividad Mediante Estrategias para Gerenciar Mantenimiento"*. VI Congreso Internacional de Mantenimiento. ACIEM. Bogotá. Colombia.

[2]. GARCÍA P., Oliverio. (2013). *"Confiabilidad Humana, Clave de la Competitividad Organizacional"*. Impresos LEGIS. Primera Edición. Bogotá, Colombia. Abril de 2013.

[3]. KIRWAN, Barry. (1994). "A Guide to Practical Human Reliability Assessment". Taylor and Francis, London.

[4]. HOLLNAGEL, Erik. (1993). "Human Reliability Analysis: Context and Control". Computers and People Series. Academic Press, London.

[5]. HOLLNAGEL, Erik. (1998). "Cognitive Reliability and Error Analysis Method" (CREAM). Elsevier Science Ltd, Oxford, UK.

[6]. GUTTMANN, H., SWAIN, A. D. (1983). "Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications". NUREG / CR-1278, SAND 80 -0200, Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories. USA.

[7]. ZEIGER, Björn Klaus. (2005) "CREAM: Cognitive Reliability and Error Analysis Method". University of Paderborn. Department for Computer Science. AG Szwillus. Paderborn, Germany.

[8]. HUERTA, Rosendo. (2004). *"Curso Confiabilidad Operacional: Uso de Técnicas y Herramientas de Aplicación"*. Seminario Customer Care, DataStream. Bogotá. Colombia. Febrero de 2004.

Oliverio García Palencia

Ingeniero Mecánico de la UIS (Universidad Industrial de Santander); especialista en Administración de Sistemas de Información de la Universidad Nacional de Colombia; especialista en Ingeniería de Software y Mantenimiento (UIS); Magíster en Ingeniería Mecánica de la Universidad de los Andes (Bogotá D.C.). Participante del International Visitor Program: Computer Technology, del Bureau of Educational and Cultural Affaire, del Departamento de Estado de la USA. Certificado como CMRP (Profesional Certificado en Mantenimiento y Confiabilidad), por la SMRP (Sociedad de Profesionales de Confiabilidad y Mantenimiento) de los EEUU. Representante por 4 años de las universidades oficiales colombianas en el Consejo Profesional Nacional de Ingenierías Eléctrica, Mecánica y Profesiones Afines. Por 30 años, docente investigador de Ingeniería Electromecánica y posgrados de la UPTC. Por ocho años, consultor y facilitador Internacional en Gestión Integral de Activos y Excelencia operacional.

Dirección Oficina: Calle 56 No. 35-15, Interior 106. Bogotá, Distrito Capital. Colombia.

E-mail: oligar52@yahoo.com, oliverio.garciapalencia@hotmail.com.co.

Teléfonos: (571) 222 7810, (571) 879 5148.

Celulares: 304 580 9948, 301 734 6425, 301 237 1662.